الكميات الفيزيائية والبادئات :

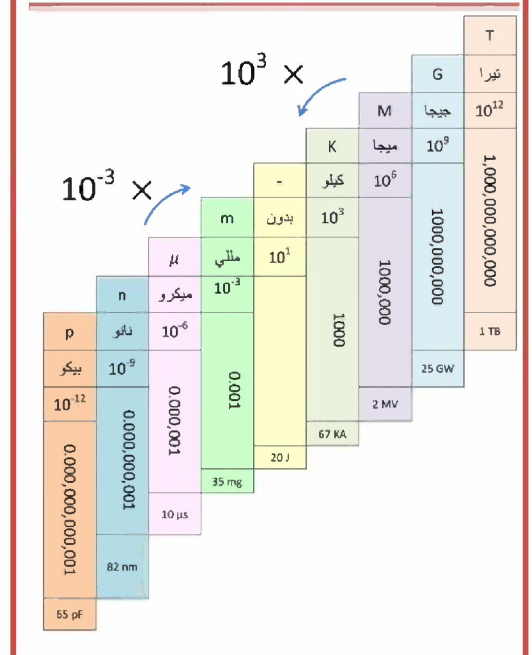
الكميات الفيزيائية الأساسية في النظام الدولي:

الكمية	رمزها	وحدتها	نوعها
الزمن	t	s	قياسية
الطول	L	m	قياسية
الكتلة	m	Kg	قياسية
درجة الحرارة	T	K	قياسية
كمية المادة	M	mol	قياسية
التيار الكهربائي	I	A	قياسية
شدة الإضاءة	cd	cd	قياسية

بعض الكميات الفيزيائية المشتقة :

الإزاحة	x	m	متجهة
الحجم	V	m^3	قياسية
السرعة	v	m/s	متجهة
التسارع	a	m/s^2	متجهة
القوة	F	N	متجهة
الوزن	F_g	N	متجهة
قوة الشد	F_T	N	متجهة
قوة الدفع	F_{thrust}	N	متجهة
قوة الاحتكاك	F_K ,F_s	N	متجهة
القوة العمودية	F_N	N	متجهة
قوة النابض	F_{sp}	N	متجهة

البادئات :



حل المعادلات :

الخاصية التوزيعية:

a (b + c) = ab + ac
3 (x – 2) = 3x – 6

خصائص الجمع والطرح :

X – 3 = 7
X – 3 + 3 = 7 + 3
X = 10

خصائص الضرب والقسمة :

$a = \frac{b}{c}$ ➤ $c = \frac{b}{a}$ ➤ $b = a\,c$

$a = b$ ➤ $a\,c = b\,c$ ➤ $\frac{a}{c} = \frac{b}{c}$

ترتيب العمليات لحل المعادلات :

1 – بسط التعابير الرياضية داخل الأقواس.
2 – نفذ عمليات القوى والجذور.
3 – نفذ عمليات الضرب والقسمة.
4 – نفذ عمليات الجمع والطرح.

مثال: $4 + 3 (4 – 1) – 2^3 = ?$
= 4 + 3 (3) – 8
= 4 + 9 – 8
= 5

فصل المتغيرات :

مثال : أكتب المعادلة بدلالة n ، P :

P V = n R T

$n = \frac{P\,V}{R\,T}$ ، $p = \frac{n\,R\,T}{V}$

الفصل 1 مدخل إلى علم الفيزياء A Physics Toolkit

الفيزياء : تعني الطبيعة، وهو علم يهتم بدراسة المادة والطاقة والعلاقة بينهما.

مثل دراسة : تركيب المادة بدءً بالإلكترون وانتهاء بالكون، ودراسة حركة الإلكترونات والطاقة والدوائر الكهربائية.

تستخدم الرياضيات بوصفها لغة قادرة على التعبير عن القوانين والظواهر.

الطريقة العلمية: عملية منظمة للمشاهدة والتجريب والتحليل للإجابة عن الأسئلة حول الظواهر الطبيعية.

الفرضية : تخمين علمي عن كيفية ارتباط المتغيرات بعضها مع بعض.

النموذج العلمي : فكرة أو معادلة أو تركيب أو نظام لنمذجة الظاهرة، وتعتمد على التجريب.

النظرية العلمية : تفسير يعتمد على المشاهدات المدعومة بالنتائج التجريبية.

القانون العلمي : قاعدة طبيعية تجمع المشاهدات المترابطة لوصف ظاهرة طبيعية متكررة.

▲ **مهم جدا : أن تصنف أي جملة إلى كونها (فرضية أو تجربة أو نظرية أو قانون).**

القياس : مقارنة كمية مجهولة بكمية أخرى معيارية.

النظام الدولي للوحدات : نظام متفق عليه دوليا لاستخدام وحدات قياس محددة.

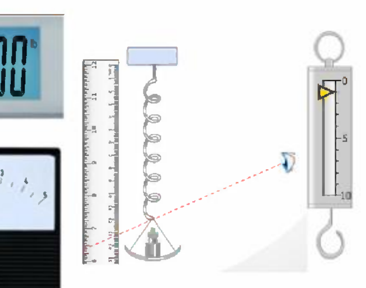
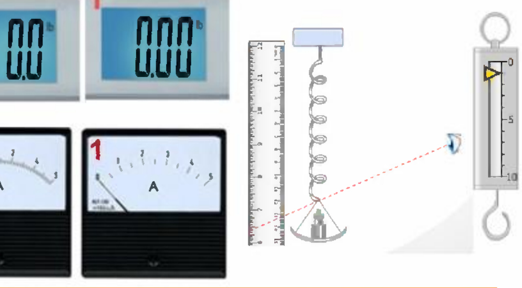
تحليل الوحدات : التعامل مع الكميات بوصفها كميات جبرية للتأكد من صحتها.

الدقة : درجة الإتقان في القياس، أي هامش الخطأ الأقل في القياس، وتعتمد على أداة القياس وطريقة استخدامها، ودقة قياس أي أداة هي (نصف أصغر تدريج).

الضبط : اتفاق نتائج القياس مع القيم المقبولة في القياس، ولضبط الأداة يتم معايرة صفر الجهاز ، ومعايرة الجهاز بكميات ذات قيمة معتمدة .

من الأخطاء الشائعة في القياس : اختلاف زاوية النظر.

▲ **مهم جدا : أن تقارن بين النتائج من حيث دقتها وضبطها، وتحسب دقة أي أداة.**

الفصل 2 تمثيل الحركة Representing Motion

النظام الإحداثي : نظام يستخدم لوصف الحركة من خلال تحدد نقطة الأصل للمتغير، وتحديد اتجاهه الذي يتزايد فيه.

نقطة الأصل : نقطة تكون عندها قيمة كل من المتغيرين تساوي الصفر.

الكمية الفيزيائية : أي صفة للمادة يمكن قياسها.

الكمية الفيزيائية القياسية : أي كمية تحدد بالمقدار فقط، مثل : الطول، الزمن، الكتلة، الحجم، درجة الحرارة.

الكمية الفيزيائية المتجهة : أي كمية تحدد بالمقدار والاتجاه، مثل : السرعة والتسارع والقوة والزخم.

مخطط الحركة : سلسلة من الصور المتتابعة لحركة الجسم خلال فترات زمنية متساوية.

نموذج الجسم النقطي : تمثيل حركة الجسم بسلسلة من النقاط بدلا من الصور.

المسافة : كمية قياسية، تصف كل ما يقطعه الجسم في حركته.

الإزاحة : كمية متجهة، تصف الخط المستقيم من نقطة البداية إلى نقطة النهاية.

▲ **مهم جدا : أن تفرّق بين المسافة والإزاحة**

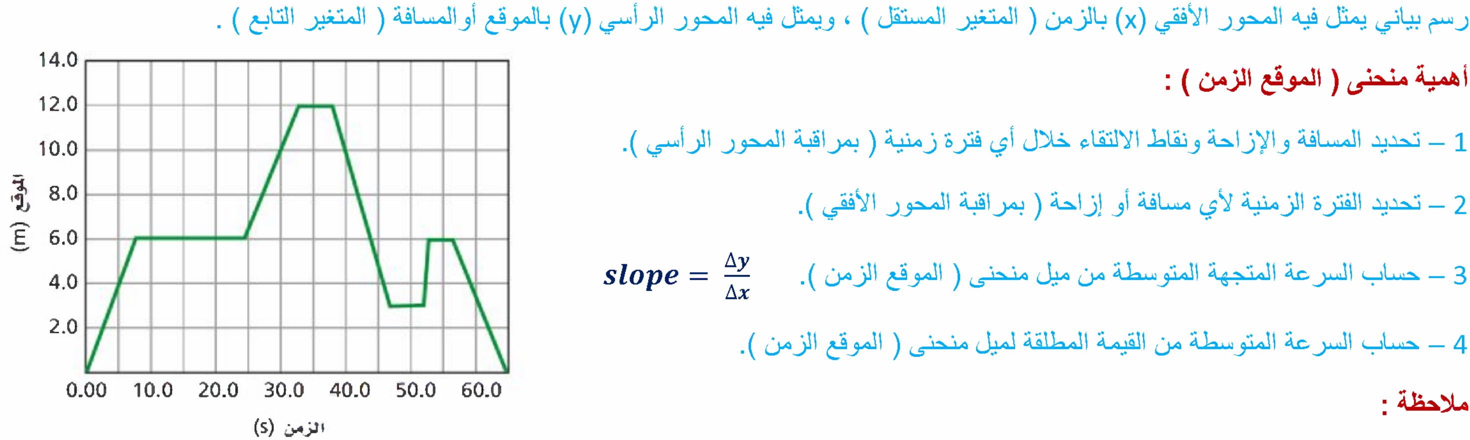
Factory
200m
120m

منحنى (الموقع الزمن) :

رسم بياني يمثل فيه المحور الأفقي (x) بالزمن (المتغير المستقل) ، ويمثل فيه المحور الرأسي (y) بالموقع أو المسافة (المتغير التابع) .

أهمية منحنى (الموقع الزمن) :

1 – تحديد المسافة والإزاحة ونقاط الالتقاء خلال أي فترة زمنية (بمراقبة المحور الرأسي).
2 – تحديد الفترة الزمنية لأي مسافة أو إزاحة (بمراقبة المحور الأفقي).
3 – حساب السرعة المتجهة المتوسطة من ميل منحنى (الموقع الزمن). $slope = \frac{\Delta y}{\Delta x}$
4 – حساب السرعة المتوسطة من القيمة المطلقة لميل منحنى (الموقع الزمن).



ملاحظة :

صعود وهبوط المنحنى لا يعني صعود الجسم وهبوطه، بل اقتراب وابتعاد عن نقطة الأصل، والخط الأفقي يعني وقوف الجسم.

▲ **مهم جدا : أن تفسّر دلالة أي منحنى للموقع الزمن وتحسب من خلاله السرعة (تدّرب حل المسائل).**

المتغير المستقل : متغير يتم التحكم فيه بالتجربة (يمثل على المحور الأفقي)، **المتغير التابع :** متغير يعتمد على المتغير المستقل (يمثل على المحور الرأسي)

خط الموائمة : أفضل خط مستقيم يمر بأغلب النقاط **التمثيلات المتكافئة:** طرق مختلفة لوصف الحركة، كالكلمات والصور ومخططات الحركة والمنحنيات.

السرعة المتجهة المتوسطة : ميل منحنى (الموقع - الزمن) ، التغيير في الموقع خلال وحدة الزمن.

السرعة المتوسطة: القيمة المطلقة ميل منحنى (الموقع - الزمن)، وهي القيمة الحسابية لتغيّر موقع الجسم خلال وحدة الزمن.

السرعة المتجهة اللحظية : مقدار سرعة الجسم في فترة زمنية صغيرة جدا، وتمثل مماس .

معادلة الحركة لجسم يتحرك بسرعة ثابتة : $v = \frac{\Delta d}{\Delta t}$

الفصل 3 — الحركة المتسارعة
Accelerated Motion

منحنى (السرعة الزمن) :

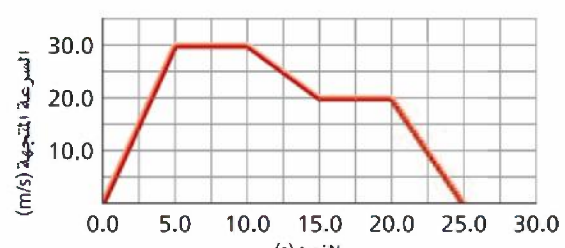
رسم بياني يمثل فيه المحور الأفقي (x) بالزمن (المتغير المستقل) ، ويمثل فيه المحور الرأسي (y) السرعة (المتغير التابع) .

أهمية منحنى (السرعة الزمن) :

1 – تحديد السرعة خلال أي فترة زمنية (بمراقبة المحور الرأسي).

2 – تحديد الفترة الزمنية لأي لسرعة (بمراقبة المحور الأفقي).

3 – حساب التسارع المتجهة المتوسطة من ميل منحنى (السرعة الزمن). $slope = \frac{\Delta y}{\Delta x}$




ملاحظة : 1 – الخط الأفقي يعني ثبات سرعة الجسم (تسارع يساوي صفر).

2 – المساحة تحت منحنى (الزمن التسارع) تمثل المسافة التي قطعها الجسم.

▲ **مهم جدا : أنْ تفسّر دلالة أي منحنى للسرعة الزمن وتحسب من خلاله التسارع (تدرب حل المسائل).**

السقوط الحر :

حركة الجسم تحت تأثير الجاذبية الأرضية فقط (إهمال مقاومة الهواء).

تسقط جميع الأجسام بتسارع الجاذبية الأرضية

تستخدم معادلات الحركة للسقوط الحر على المحور (y) مع الأخذ في الاعتبار

أنّ تسارع الجسم الساقط $g = -9.8\ m/s^2$

1st s 4.9 m — v = 0 m/s — v = 9.8 m/s

2nd s 14.7 m — v = 19.6 m/s

3rd s 24.5 m — v = 29.4 m/s

معادلات الحركة لجسم يتحرك بتسارع ثابت :

تذكر: بمعرفة ثلاث كميات يمكن إيجاد المطلوب.

$$v_f = v_i + at$$

$$d = v_i t + ½\, at^2$$

$$d = v_f t - ½\, at^2$$

$$v_f^2 = v_i^2 + 2ad$$

$$d = \left(\frac{v_1 + v_2}{2}\right)t$$

▲ **مهم جدا : أنْ تحل مجموعة من المسائل على معادلات الحركة**

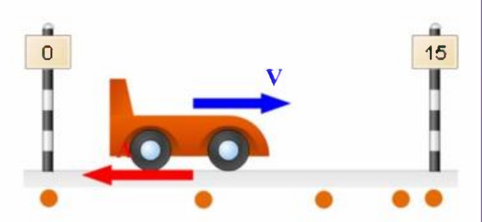
التسارع : المعدل الزمني لتغيّر السرعة المتجهة.

التسارع المتوسط : التغيّر في السرعة المتجهة للجسم خلال وحدة الزمن .

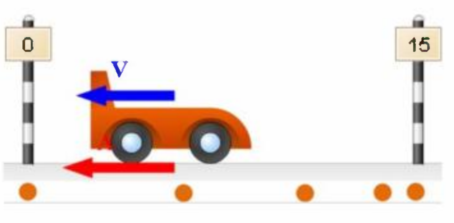
التسارع اللحظي : التغيّر في السرعة المتجهة للجسم خلال فترة زمنية قصيرة جدا .

التسارع الموجب والسالب :

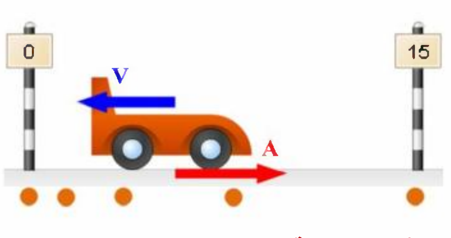
تتزايد السرعة في الاتجاه الموجب v (+) , a (+)



تتناقص السرعة في الاتجاه الموجب v (+) , a (-)



تتزايد السرعة في الاتجاه السالب v (-) , a (-)



تتناقص السرعة في الاتجاه السالب v (-) , a (+)

بعض أنواع القوى :

الوزن	F_g	قوة مجال تنتج عن الجاذبية الأرضية بين جسمين. **اتجاهها** إلى الأسفل.
قوة الشد	F_T	قوة يؤثر بها خيط أو حبل في جسم متصل به، تؤدي إلى سحبه. **اتجاهها** مبتعدة عن الجسم.
قوة الدفع	F_{thrust}	قوة تحرك الجسم مثل الصاروخ والسيارة والأشخاص. **اتجاهها** في اتجاه تسارع الجسم
قوة الاحتكاك	F_K F_s	قوة تلامس تؤثر في **اتجاه** معاكس للحركة الانزلاقية.
القوة العمودية	F_N	قوة تلامس يؤثر بها السطح على الجسم. **اتجاهها** عمودية على سطحي التلامس
قوة النابض	F_{sp}	هي قوة الارجاع التي يؤثر بها النابض **اتجاهها** عكس إزاحة الجسم

▲ **مهم جدا : أنْ تحدد القوى المؤثرة واتجاهها على أي جسم.**

الفصل 4 — القوى في بُعد واحد
Forces in One Dimension

القوة : سحب أو دفع يؤثر في الأجسام ويسبب تغيرا في الحركة مقدارا واتجاها.

النظام : الجسم المراد دراسته، **المحيط :** كل ما يحيط بالجسم المراد دراسته.

قوى التلامس : قوة تتولد عندما يلامس النظام جسم من المحيط ويؤثر فيه بقوة.

قوى الجاذبية : قوة تؤثر في الجسم بغض النظر عن التلامس.

مخطط الجسم الحر : تمثيل الجسم بنقطة، وتمثيل القوى المؤثرة عليه بأسهم خارجة منه.

▲ **مهم جدا : أنْ ترسم مخطط الجسم الحر لأي جسم تؤثر عليه مجموعة من القوى.**



القوة المحصلة : قوة تعمل عمل مجموعة من القوى مقدارا واتجاها، وتساوي ناتج جمع المتجهات.

الاتزان : يحدث الاتزان إذا كانت محصلة القوى المؤثرة تساوي صفر.



من تطبيقات قانون نيوتن الثاني : حالات تغيّر الوزن في المصعد.

1- يزداد الوزن في حالة تسارع المصعد إلى الأعلى أو في حالة تباطؤ إلى الأسفل.

2- يقل الوزن في حالة تسارع المصعد إلى الأسفل أو في حالة تباطؤ إلى الأعلى.

3- يبقى الوزن كما هو في حالة حركة المصعد بسرعة ثابتة .

4- ينعدم الوزن في حالة سقوط المصعد سقوطا حرا.

الوزن الظاهري : قراءة الميزان لوزن جسم يتحرك بتسارع

القوة المعيقة : هي قوة الممانعة التي يؤثر بها المائع في الأجسام المغمورة فيه.

السرعة الحدّية : سرعة منتظمة يصل إليها الجسم الساقط عند تساوي قوة القوة المعيقة بقوة الجاذبية.

▲ **مهم جدا : أنْ تحدد أي من قوانين نيوتن المناسب تطبيقها عند حل أي مسألة .**

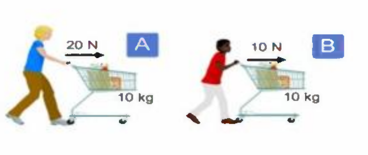
قانون نيوتن الأول : الجسم الساكن يبقى ساكن، والجسم المتحرك على خط مستقيم وبسرعة ثابتة يبقى على حركته، مالم تؤثر عليه قوة خارجية.

$$\sum F = 0$$

القصور الذاتي : خاصية للجسم لممانعة أي تغيّر في حالته الحركية.



قانون نيوتن الثاني : محصلة القوى المؤثر في الجسم تساوي تسارع الجسم في مقدار كتلته.



$$\sum F = am$$

قانون نيوتن الثالث : لكل قوة فعل قوة رد فعل مساوي له في المقدار ومعاكس له في الاتجاه.

$$F_{ab} = -F_{ba}$$

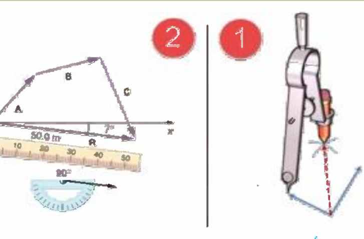
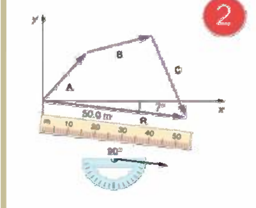
الفصل 5

القـــوى في بعـــدين
Forces in Two Dimensions

طرق إيجاد محصلة المتجهات بالرسم :

❶ طريقة إكمال المضلع : تحتاج فيها إلى مسطرة وفرجال وتستخدم لإيجاد محصلة متجهين فقط (المحصلة هي القطر)

❷ طريقة إيصال ذيل متجه برأس متجه آخر : تحتاج فيها إلى مسطرة ومنقلة، وتستخدم لإيجاد محصلة متجهين فأكثر (والمحصلة هي الخط الواصل من ذيل المتجه الأول إلى رأس المتجه الأخير).

طرق إيجاد محصلة متجهين حسابيا :

❸ نظرية فيثاغورس : تستخدم لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر بشرط أنّ تكون متعامدة.

$$R^2 = A^2 + B^2$$

❹ قانون جيب التمام : تستخدم لإيجاد محصلة متجهين فقط بينهما زاوية.

$$R^2 = A^2 + B^2 - 2AB\cos\theta$$
$$R^2 = A^2 + B^2 + 2AB\cos\theta$$

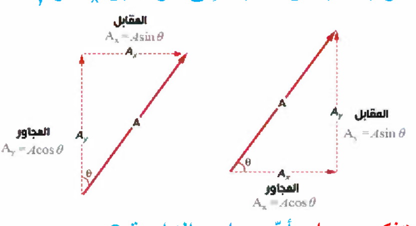
يستخدم القانون بالإشارة السالبة إذا كانت الزاوية محصورة بين رأس متجه وذيل متجه آخر.
ويستخدم القانون بالإشارة الموجبة إذا كانت الزاوية محصورة بين ذيلي متجهين.

❺ قانون الجيب : علاقة يمكنك من خلالها إيجاد مقدار متجه بدلالة متجهين والزوايا بينها.

$$\frac{a}{\sin A} = \frac{b}{\sin B} = \frac{c}{\sin C}$$

❻ التحليل : تستخدم لإيجاد محصلة متجهين أو أكثر (الحالة العامة).

فكرته : أي متجه لا ينطبق على المحاور الرئيسية يمكن تحليله إلى مركبتين A_x و A_y





تذكر دوما : أنّ مجاور الزاوية cos θ فإنّ كانت الزاوية محصورة بين المتجه والمحور الأفقي x فإنّ المركبة x للمتجه cos وإنّ كانت الزاوية محصورة بين المتجه والمحور الرأسي y فإنّ المركبة y للمتجه cos

خطوات إيجاد المحصلة بالتحليل :

1 – حلل المتجهات التي لا تنطبق على المحاور الرئيسة.

2 – أوجد : $\sum R_x \ , \sum R_y$

3 – أوجد المحصلة : $R = \sqrt{R_x^2 + R_y^2}$

3 – أوجد الاتجاه : $\theta = tan^{-1}\left(\frac{R_y}{R_x}\right)$

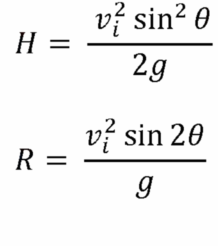
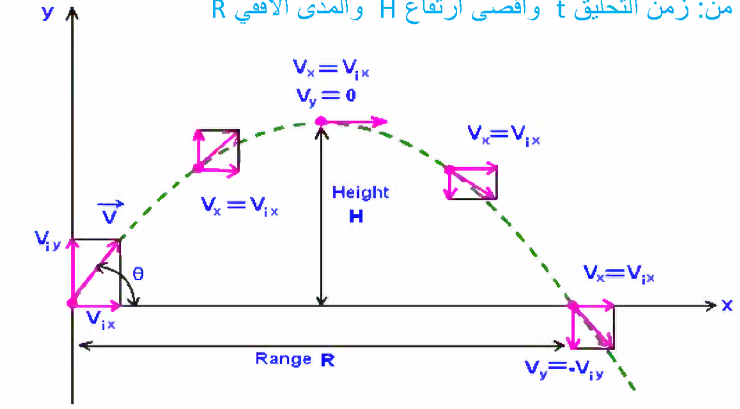
▲ **مهم جدا : أنّ توجد محصلة أي مجموعة من القوى بالتحليل.**

حالة خاصة : تطبق القوانين التالية عند سقوط المقذوفة على نفس المستوى الذي انطلقت منه، لحساب كل من: زمن التحليق t وأقصى ارتفاع H والمدى الأفقي R

$$t = \frac{2\, v_i \sin\theta}{g}$$

$$H = \frac{v_i^2 \sin^2\theta}{2g}$$

$$R = \frac{v_i^2 \sin 2\theta}{g}$$

الحركة الدائرية المنتظمة :

حركة جسم على محيط دائرة بسرعة ثابتة.

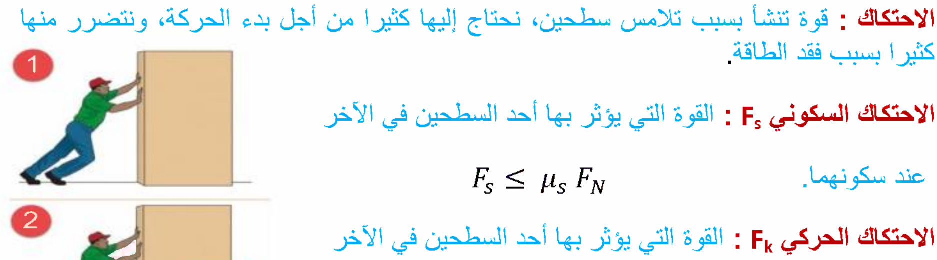
- ولا تحدث الحركة الدائرية للجسم إلا بوجود قوة جذب مركزية F_c اتجاهها إلى المركز، مثل :
- قوة الشد في حركة جسم مربوط بحبل
- قوة الاحتكاك في حركة سيارة بدوّار
- قوة الجذب الكتلي في حركة القمر حول الأرض

- يتسارع الجسم مركزيا a_c في الحركة الدائرية:

$$F_c = a_c m \ , \ a_c = \frac{v^2}{r} \ , \ v = \frac{2\pi r}{T}$$

لا وجود للقوة الطاردة المركزية بل هو شعور وهمي بوجودها عند اندفاع الجسم نحو الخارج.

الاحتكاك : قوة تنشأ بسبب تلامس سطحين، نحتاج إليها كثيرا من أجل بدء الحركة، ونتضرر منها كثيرا بسبب فقد الطاقة.



الاحتكاك السكوني F_s : القوة التي يؤثر بها أحد السطحين في الآخر عند سكونهما.

$$F_s \le \mu_s F_N$$



الاحتكاك الحركي F_k : القوة التي يؤثر بها أحد السطحين في الآخر عند حركة أحدهما أو كلاهما.

$$F_k = \mu_k F_N$$

العوامل المؤثرة في الاحتكاك : المواد التي تتكون منها السطوح، القوة العمودية.

الاتزان : يتزن الجسم إذا كانت محصلة القوى المؤثرة عليه تساوي الصفر.

القوة الموازنة : هي القوة التي تجعل الجسم متزنا.

الحركة على سطح مائل : بتطبيق قانون نيوتن الأول والتحليل في حالة الاتزان ، يمكن الوصول إلى :

$$F_{gy} = F_N = mg\cos\theta$$
$$F_{gx} = F_K = mg\sin\theta$$

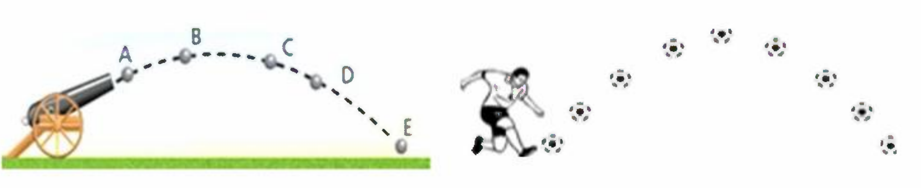
مركبة الوزن الموازية للسطح الأفقي $mg\sin\theta$ هي التي تتسبب في تسارع الجسم

▲ **مهم جدا : أنّ تتنبه عند تطبيق قانون نيوتن الأول أو قانون نيوتن الثاني في تحديد جميع القوى المؤثرة بعد تحليلها.**

الفصل

الحركـــة في بُعـــدين
Motion in Two Dimensions

المقذوفة : جسم يطلق في الهواء، وله حركتان مستقلتان أفقية ورأسية.

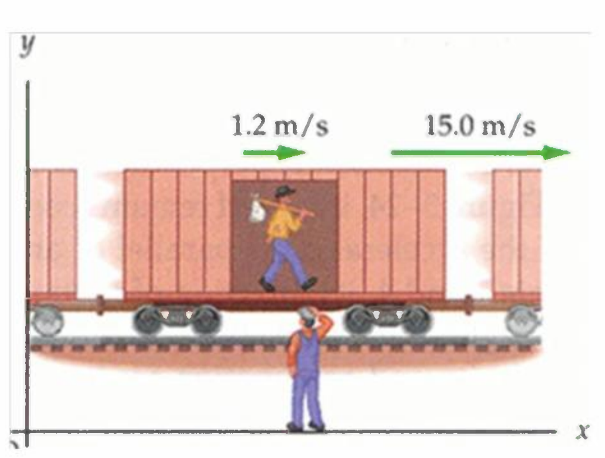


- تؤثر على المقذوفة قوة واحدة فقط هي قوة الجاذبية الأرضية (مع إهمال قوة مقاومة الهواء).
- بإهمال مقاومة الهواء فإنّ الحركة الأفقية لا تسارع لها (سرعتها الابتدائية = سرعتها النهائية) ، بخلاف الحركة الرأسية التي تتسارع بمقدار تسارع الجاذبية الأرضية
- الحركة الأفقية للكرة المقذوفة لا تؤثر على حركتها الرأسية.
- أي أنّ السرعة الأفقية لا تؤثر في زمن تحليق المقذوفة.

▲ **مهم جدا : تحل مسائل المقذوفات بمعادلات الحركة – الفصل الثالث – (مع الأخذ في الاعتبار استقلالية الحركة الأفقية والرأسية).**

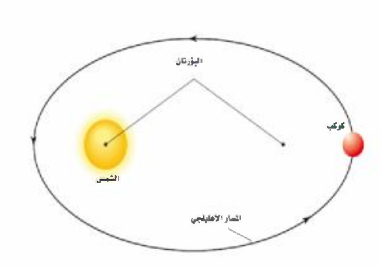
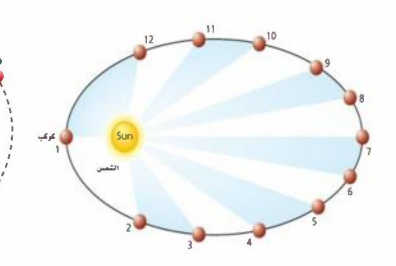
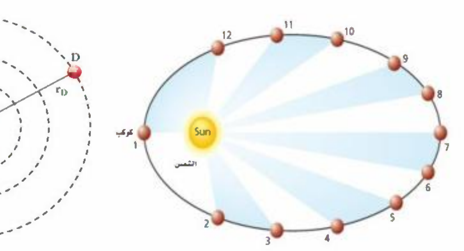
السرعة النسبية : حساب سرعة جسم بالنسبة لجسم آخر.

$$v_{a/b} = v_{a/c} + v_{c/b}$$



الفصل 7 الجــاذبيــة Gravitation

قوانين كبلر :

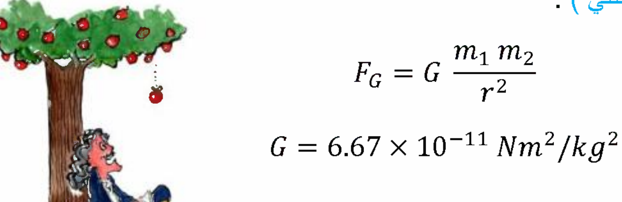
❶ **قانون كبلر الأول :** مدارات الكواكب إهليجية، وتقع الشمس في إحدى بؤرتيه.



❷ **قانون كبلر الثاني :** الخط الوهمي من الشمس إلى الكوكب يمسح مساحات متساوية خلال أزمنة متساوية.

❸ **قانون كبلر الثالث :** $\frac{r_A^3}{r_B^3} = \frac{T_A^2}{T_B^2}$

قانون الجذب الكوني : أي جسمين في الكون يتجاذبان بقوة تتناسب طرديا مع كتلتيهما وعكسيا مع مربع المسافة بينهما (تجاذب كتلي) .



$$F_G = G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11}\ Nm^2/kg^2$$

تجربة كافندش : هدفت إلى حساب ثابت الجذب الكوني G.



فكرة عمل جهاز كافندش :

1- تعليق كتلتين صغيرتين من الرصاص في سلك حر الحركة افقيا.

2- تقريب كتلتين ثقيلتين من الكتلتين الصغيرتين.

3- لوحظ انجذاب الكتل.

4- بدلالة الكتل والبعد بينها ومقدار قوة الجذب، تمكن كافندش من : حساب ثابت الجذب الكوني G.

أهمية ثابت الجذب الكونى G: حساب كتل الكواكب.

استنتج الزمن الدوري لكوكب يدور حول الشمس من خلال قانوني الجذب الكوني وقانون كبلر الثالث:

القوة المسببة لدوران الكوكب = قوة الجذب الكوني

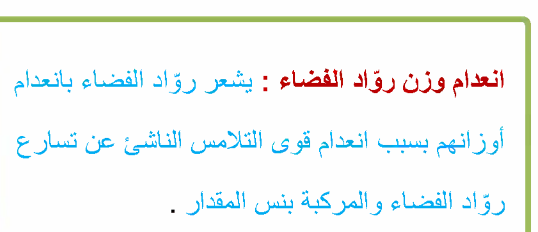
$$F_G = F_c$$
$$G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2} = m_1 a_c$$
$$G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2} = m_1\,\frac{v^2}{r}$$
$$G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2} = m_1\,\frac{\left(\frac{2\pi r}{T}\right)^2}{r}$$
$$G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2} = m_1\,\frac{\frac{4\pi^2 r^2}{T^2}}{r}$$
$$G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2} = m_1\,\frac{4\pi^2 r}{T^2}$$
$$G\,\frac{m_2}{r^3} = \frac{4\pi^2}{T^2}$$
$$T = 2\pi\sqrt{\frac{r^3}{Gm_2}}$$

استنتج سرعة كوكب يدور حول الشمس من خلال قانوني الجذب الكوني وقانون كبلر الثالث :

القوة المسببة لدوران الكوكب = قوة الجذب الكوني

$$F_G = F_c$$
$$G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2} = m_1 a_c$$
$$G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2} = m_1\,\frac{v^2}{r}$$
$$G\,\frac{m_2}{r} = v^2$$
$$v = \sqrt{\frac{Gm_2}{r}}$$

انعدام وزن روّاد الفضاء : يشعر روّاد الفضاء بانعدام أوزانهم بسبب انعدام قوى التلامس الناشئ عن تسارع روّاد الفضاء والمركبة بنفس المقدار .




نوعا الكتلة :

1 - الكتلة من قانون نيوتن الثاني $F = am$ تساوي مقدار القوة المحصلة على تسارع الجسم، وتسمى (الكتلة القصور) ، تقاس بالتأثير في الكتلة بقوة ثم قياس التسارع بميزان القصور.

2 - الكتلة من قانون الجذب الكوني $F_G = G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2}$ وتساوي مربع المسافة بين الجسمين في مقدار القوة الجاذبة بين جسمين على ضرب الكتلة الثانية في ثابت الجذب الكوني، وتسمى (الكتلة الجاذبية) ، تقاس بالميزان ذي الكفتين.

المجال الجاذبي g **:** كل جسم له كتلة يكون محاطا بمجال جاذبي يؤثر من خلاله بقوة على كل جسم يوجد فيه.

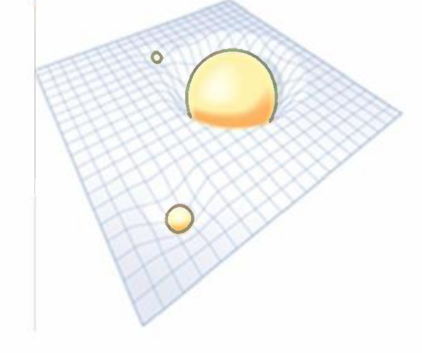
$$F_G = G\,\frac{m_1\,m_2}{r^2}$$

$$g = G\,\frac{m_2}{r^2}$$

تدرب على حل المسائل التالية :

الفصل الأول	الفصل الثاني	الفصل الثالث	الفصل الرابع	الفصل الخامس	الفصل السادس	الفصل السابع
15 : 6,7 **26 :** 24,27, 29, 30 **27:** 34, 36, 37 **29 :** الاختبار المقنن	**39 :** 9,10,11,12,13 **41 :** 14,15,16,17,18 **46:** 25, 27, 28 **54:** 43, 44, 45 **55:** 51, 54 **57 :** الاختبار المقنن	**64 :** 1,2,3,4 **68 :** 6,7,8,9 **70:** 18, 19, 20, 21 **77:** 25,26, 27,28 **82:** 41, 42, 43,44 **89:** 79, 84, 85,88 **93 :** الاختبار المقنن	**106 :** 15,16,17,18 **111 :** 23,24 **125:** 48, 49, 51,52 **126:** 53, 57, 59,60 **183 :** الاختبار المقنن	**134 :** 1,2 **138 :** 3,5 **142:** 15, 16, 17, 18 **144:** 19,20 **150:** 30, 32, 35 **157:** 62, 63, 64,65 **159 :** الاختبار المقنن	**164 :** 1,2 **166 :** 3,4, 5 **171 :** 10,11,12 **174:** 19, 20, 21 **181:** 38, 39, 42,43 **183 :** الاختبار المقنن	**164 :** 1,2 **166 :** 3,4, 5 **174:** 19, 20, 21 **181:** 38, 39, 42,43 **183 :** الاختبار المقنن

نظرية آينشتاين للجاذبية:



تغير الكتل الفضاء المحيط بها فتجعلها منحنية، وتسارع الأجسام الأخرى بسبب هذا الانحناء.

نظرية آينشتاين : تنبأت نظرية آينشتاين بانحراف الضوء عند مروره بأجسام ذات كتل كبيرة، حيث يتبع الضوء الفضاء المنحني.